



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 04 021 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 04 L 12/423**  
H 04 L 1/12  
G 06 F 13/00

②1 Aktenzeichen: 197 04 021.7  
②2 Anmeldetag: 4. 2. 97  
④3 Offenlegungstag: 20. 5. 98

DE 197 04 021 A 1

⑥6 Innere Priorität:  
196 43 864. 0 30. 10. 96  
⑦1 Anmelder:  
AEG Sensorsysteme GmbH, 69469 Weinheim, DE  
⑦4 Vertreter:  
Stoffregen, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,  
63450 Hanau

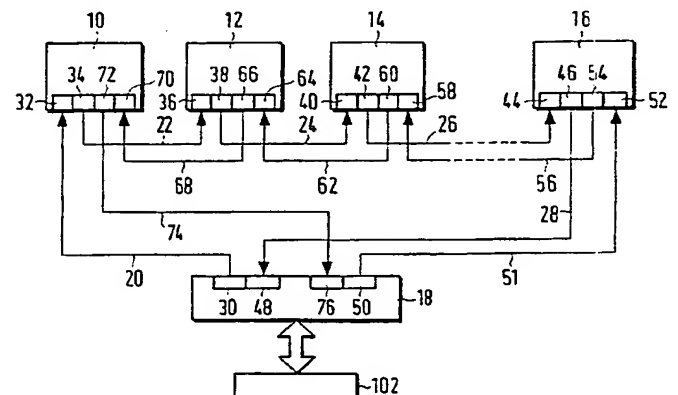
⑦2 Erfinder:  
Strietzel, Rainer, 69123 Heidelberg, DE; Stallknecht,  
Reiner, Dipl.-Ing., 69493 Hirschberg, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Lichtwellenleiter-Bussystem mit in einer Ringstruktur angeordneten Teilnehmern

⑤7 Gegenstand der Erfindung ist ein Lichtwellenleiter-Bus-  
system, bei dem die Teilnehmer (10, 12, 14, 16, 18) in zwei  
Ringstrukturen miteinander verbunden sind. Ein Teilneh-  
mer (18) ist ein zentraler Teilnehmer, der den Datenver-  
kehr steuert. Das Bussystem ist fehlertolerierend.



DE 197 04 021 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Lichtwellenleiter-Bussystem mit in einer Ringstruktur angeordneten Teilnehmern und auf ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Lichtwellenleiter-Bussystems.

Busse verbinden räumlich mehr oder minder voneinander getrennte Teilnehmer zum Zweck des Datenaustauschs bzw. der Zusammenarbeit. Der Bus wird jeweils aus einem passiven Medium gebildet, über das die Daten übertragen werden. Die Teilnehmer sind Quelle und Ziel der Daten und weisen Transceiver, d. h. Sender/Empfänger für die nachrichtentechnische Handhabung der Daten auf.

Bekannt sind Busse mit Linienstruktur. Der sendende Teilnehmer überträgt die Daten auf das Medium, das von allen Teilnehmern abgehört wird. Der Zeitverlust ist hierbei sehr gering. Es ist aber auch möglich, eine Ringstruktur bzw. -topologie vorzuschlagen.

Bei seriellen Bussen ist nur ein Übertragungskanal zwischen den Teilnehmern vorhanden. Daher haben serielle Busse eine geringere Übertragungsleitung als parallele Busse. Im einfachsten Fall besteht eine serielle elektrische Übertragungsleitung, an die die Teilnehmer angeschlossen sind, aus einem Hin- und einem Rückleiter. Eine solche Übertragungsleitung kann aus verdrehten Leitern oder einem Koaxialkabel bestehen. Serielle Busse werden wegen des geringen Leitungsaufwands vorzugsweise in räumlich ausgeklünnelten Systemen eingesetzt. Bekannte serielle Busse sind der Profibus und der Bitbus. Die funktionellen, elektrischen und mechanischen Eigenschaften beispielsweise des Bitbusses und des Profibusses sind zur Gewährleistung einer herstellübergreifenden Kompatibilität standardisiert.

Der Urfunkling liegt nun das Problem zu Grunde, ein für den Datenaustausch mit geringem Protokollaufwand besonders geeignetes, fehlertolerierendes, wirtschaftliches Lichtwellenleiter-Bussystem und ein Verfahren zu dessen Betrieb bereitzustellen, wobei eine einfache Inbetriebnahme und Wartung möglich sein soll.

Das Problem wird bei einem Lichtwellenleiter-Bussystem mit in einer Ringstruktur angeordneten Teilnehmern erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Teilnehmer in wenigstens zwei Ringstrukturen durch Lichtwellenleiter miteinander verbunden sind, daß einer der Teilnehmer ein zentraler Teilnehmer ist, von dem die Datenübertragung zu den anderen Teilnehmern ausgeht und der an eine übergeordnete Datenverarbeitungseinheit angeschlossen ist, und daß in den Teilnehmern optische Sender und optische Empfänger derart an die Lichtwellenleiter der beiden Ringstrukturen angeschlossen sind, daß die beiden Ringstrukturen zueinander entgegengesetzte Übertragungsrichtungen haben. Bei diesem System sind große Entfernungen zwischen den Teilnehmern unabhängig von der Übertragungsgeschwindigkeit möglich. Die Teilnehmer sind potentialgetrennt. Über die Lichtwellenleiter werden keine elektromagnetischen Störungen eingekoppelt. Die optischen Sender/Empfänger lassen sich mit kostengünstigen Standard-Bauelementen aufbauen. Durch die besondere Topologie der Anordnung, d. h. Hintereinanderschaltung der optischen Sender/Empfänger über die zwischen den Teilnehmern angeordneten Lichtwellenleiter werden zwei Ringe bzw. Ketten gebildet, die jeweils an einem optischen Sender des zentralen Teilnehmers beginnen und an einem optischen Empfänger dieses Teilnehmers enden.

Die in den beiden Ketten übertragenen Daten können nur unidirektional übertragen werden, wobei die Übertragungsrichtungen in den beiden Ketten einander entgegengesetzt sind, d. h. derjenige Teilnehmer, dessen optischer Empfänger in der ersten Kette über einen Lichtwellenleiter unmit-

telbar, nämlich ohne Zwischenschaltung eines anderen Teilnehmers, an den optischen Sender des zentralen Teilnehmers angeschlossen ist, ist in der zweiten Kette mit seinem optischen Sender unmittelbar, nämlich ohne Zwischenschaltung eines weiteren Teilnehmers, an den optischen Empfänger des zentralen Teilnehmers angeschlossen. Der zentrale Teilnehmer wird im folgenden auch Bus-Master genannt, während die übrigen Teilnehmer auch als Slaves bezeichnet werden.

Durch die doppelte Ringstruktur ist das Bussystem fehlertolerierend. Es fällt bei einem Einfachfehler nur jeweils das Teilstück hinter der defekten Stelle des Lichtwellenleiters oder dem gestörten Teilnehmer in einer Kette aus, d. h. weder eine Leitungsunterbrechung noch der Ausfall eines optischen Senders oder Empfängers in einem Teilnehmer können den Datenverkehr völlig zum Erliegen bringen. Das System ist auch leicht erweiterbar, d. h. ein weiterer Teilnehmer ist mit geringem Leitungsaufwand einfügbar. Das erfindungsgemäße Lichtwellenleiter-Bussystem eignet sich besonders für die Prozeßleittechnik.

Vorzugsweise sind in den vom zentralen Teilnehmer ansprechbaren Teilnehmern jeweils Mikrocontroller vorgesehen, die mit einem Empfangseingang für Daten an die optischen Empfänger der beiden Ringstrukturen und einem Sendeausgang für Daten an die optischen Sender der beiden Ringstrukturen sowie mit einem Steuerausgang je an einem Steuereingang einer zwischen dem optischen Empfänger und dem optischen Sender in der jeweils gleichen Ringstruktur angeordneten Torschaltung angeschlossen sind. Mit dieser Anordnung ist es möglich, in jedem Teilnehmer die empfangenen Daten zu lesen und im Ring weiterzuleiten oder die Weiterleitung zu sperren sowie Daten in beide Ringe bzw. Ketten zugleich einzuspeisen.

Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform sind in den vom zentralen Teilnehmer aus ansprechbaren Teilnehmern Schaltungen für die digitale Eingabe und/oder digitale Ausgabe und/oder Analogeingabe und/oder -ausgabe von Signalen vorgesehen, wobei die Art und Anzahl der Ein- und/oder Ausgabeschaltungen jedes Teilnehmers in einer vom zentralen Teilnehmer auslesbaren Kennung gespeichert ist.

Ein Verfahren zum Betrieb eines Lichtwellenleiter-Bussystems der oben beschriebenen Art besteht erfindungsgemäß darin, daß der zentrale Teilnehmer zur Adressierung eines beliebigen Teilnehmers zuerst nur ein Telegramm in einer der Ringstrukturen, der die Vorzugssenderichtung zugeordnet ist, aussendet, daß der adressierte Teilnehmer nach dem Empfang des Telegramms durch Aussenden von gleichen Antworttelegrammen in beiden Ringstrukturen antwortet, daß das in der Vorzugssenderichtung vom zentralen Teilnehmer empfangene Antworttelegramm ausgewertet wird, daß beim Ausbleiben des in Vorzugssenderichtung übertragenen Antworttelegramms im zentralen Teilnehmer das über die zweite Ringstruktur empfangene Antworttelegramm vom zentralen Teilnehmer ausgewertet wird und ein Fehler in Vorzugssenderichtung hinter dem adressierten Teilnehmer registriert wird, daß beim Ausbleiben des über die andere Ringstruktur übertragenen Antworttelegramms der zentrale Teilnehmer den Teilnehmer mit Aussenden des Telegramms in der zweiten Ringstruktur erneut adressiert und daß beim Empfang des Antworttelegramms des adressierten Teilnehmers durch den Empfänger des zentralen Teilnehmers in Vorzugssenderichtung ein Fehler in Vorzugssenderichtung vor dem adressierten Teilnehmer registriert wird und das empfangene Telegramm ausgewertet wird. Bei Unterbrechungen der Lichtwellenleiter in einem der beiden Ringe kann das Bussystem ohne Unterbrechung weiterarbeiten. Besonders vorteilhaft ist, daß die Unterbrechung schnell lokalisiert werden kann, so daß eine rasche

Behebung des Fehlers möglich ist.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind ein vom zentralen Teilnehmer mit einem Telegramm auszusendender Befehl, mit dem die Weiterleitung der vom zentralen Teilnehmer ausgesendeten Telegramme in der Vorzugssenderichtung von den Teilnehmern gesperrt wird sowie ein Befehl zur Aufhebung der Sperre vorgesehen. Mit dem Befehl zum Sperren ist eine einfache Busparametrierung möglich. Nach der Ausgabe dieses Befehls ist nur der dem zentralen Teilnehmer benachbarte Teilnehmer durch ein Telegramm erreichbar. Vorzugsweise wird die Kennung dieses Teilnehmers ausgelesen und eine Adresse dem Teilnehmer zugeordnet und an diesen übertragen, wobei die Adresse im Teilnehmer gespeichert wird, worauf die Sperre in diesem Teilnehmer aufgehoben wird. Hierdurch ist es möglich, den nächsten Teilnehmer vom zentralen Teilnehmer aus zu erreichen und dessen Kennung auszulesen sowie diesem Teilnehmer eine Adresse zuzuordnen, die im Teilnehmer gespeichert wird. Der Vorgang wird sodann für alle Teilnehmer wiederholt. Besonders günstig ist es, wenn nach der Einspeicherung einer Adresse in einen Teilnehmer die Sperre für die Weiterleitung der Telegramme im Ring automatisch aufgehoben wird.

Zweckmäßigerweise wird im zentralen Teilnehmer eine Liste gespeichert, die die Kennungen und Adressen der Teilnehmer enthält und zur übergeordneten Datenverarbeitungseinheit überträgt.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen und den diesen zu entnehmenden Merkmalen – für sich und/oder in Kombination –, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines in einer Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Lichtwellenleiter-Bussystem mit in einer Ringstruktur angeordneten Teilnehmern im Blockschaltbild.

Fig. 2 ein Prinzipschaltbild eines Teilnehmers.

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Übertragungswege der an einen Teilnehmer bei ungestörtem Bus von einem zentralen Teilnehmer ausgesandten und vom Teilnehmer zurückgesandten Daten.

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Übertragungswege der an einen Teilnehmer bei einer Störung im Bus vom zentralen Teilnehmer ausgesandten und der vom Teilnehmer zurückgesandten Daten und

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Übertragungswege der vom zentralen Teilnehmer bei einer anderen Störung im Bus an einen Teilnehmer ausgesandten und der von diesem zurückgesandten Daten.

Ein Lichtwellenleiter-Bussystem, das für die Prozeßleittechnik gut geeignet ist, enthält eine Reihe von Teilnehmern 10, 12, 14, 16 bzw. Slaves und einen zentralen Teilnehmer 18 bzw. Bus-Master. Der Bus-Master 18 und die Teilnehmer 10, 12, 14, 16, von denen nur vier der Übersichtlichkeit halber dargestellt sind, sind in zwei ringförmigen Netzstrukturen miteinander verbunden. Die erste Ringstruktur enthält die Lichtwellenleiter 20, 22, 24, 26, 28. Der Lichtwellenleiter 20 beginnt an einem optischen Sender 30 des Bus-Masters 18 und endet an einem optischen Empfänger 32 des Teilnehmers 10. Der Lichtwellenleiter 22 geht von einem optischen Sender 34 des Teilnehmers 10 aus und verläuft zu einem optischen Empfänger 36 des Teilnehmers 12. Der Lichtwellenleiter 24 ist zwischen einem optischen Sender 38 im Slave 12 und einem optischen Empfänger 40 im Teilnehmer 14 angeordnet. Der Lichtwellenleiter 26 beginnt an einem optischen Sender 42 des Teilnehmers 14 und endet an einem optischen Empfänger 44 eines weiteren Teilnehmers. Da in Fig. 1 nur vier Teilnehmer dargestellt sind, endet der

Lichtwellenleiter am optischen Empfänger 44 des Teilnehmers 16. Von einem optischen Sender 46 des Teilnehmers 16 verläuft der Lichtwellenleiter 28 zu einem optischen Empfänger 48 des Bus-Masters 18.

Die optischen Empfänger 32, 36, 40, 44, 48 wandeln jeweils die von den Lichtwellenleitern 20, 22, 24, 26 und 28 empfangenen optischen Signale in elektrische um, die in Abhängigkeit von der Betriebsart des Lichtwellenleiter-Busses von den optischen Sendern 34, 38, 42, 46 in optische Signale umgewandelt werden und in die Lichtwellenleiter 22, 24, 26 bzw. 28 eingespeist werden.

Die zweite ringförmige Struktur enthält einen Lichtwellenleiter 51, der von einem optischen Sender 50 des Bus-Masters 18 beginnt und zu einem optischen Empfänger 52 des Teilnehmers 16 verläuft. Das vom optischen Empfänger 52 empfangene Signal wird in einem bestimmten Betriebsmodus von einem optischen Sender 54 wieder ausgegeben und in einen Lichtwellenleiter 56 eingespeist, der zu einem anderen Teilnehmer verläuft. Bei der in Fig. 1 dargestellten Anordnung ist dies der Teilnehmer 14, der einen optischen Empfänger 58 am Ende des Lichtwellenleiters 56 aufweist. Die vom Empfänger 58 empfangenen Signale werden in einem bestimmten Betriebsmodus über einen optischen Sender 60 wieder ausgegeben und in einen Lichtwellenleiter 62 eingespeist, der zu einem optischen Empfänger 64 des Teilnehmers 12 verläuft. Vom Teilnehmer 12 wird in einem bestimmten Betriebsmodus eine elektrische Verbindung zwischen dem optischen Empfänger 64 und einem optischen Sender 66 hergestellt, der Signale in einen Lichtwellenleiter 68 einspeist, der zu einem optischen Empfänger 70 des Teilnehmers 10 verläuft. Der Teilnehmer 10 enthält einen optischen Sender 72, der in einem bestimmten Betriebsmodus mit dem optischen Empfänger 70 verbunden ist und die empfangenen Signale in einen Lichtwellenleiter 74 einspeist, der zu einem optischen Empfänger 76 des Bus-Masters 18 verläuft.

Die vom Bus-Master 18 auf die beiden Ringstrukturen ausgesendeten Signale durchlaufen die Teilnehmer 10 bis 16 gegenläufig, d. h. in zueinander entgegengesetzten Übertragungsrichtungen. In der ersten Ringstruktur durchlaufen die vom Bus-Master 18 vom Sender 30 ausgesendeten Signale die Teilnehmer in der Reihenfolge 10, 12, 14, 16, während die vom Sender 50 des Bus-Masters 18 ausgesendeten Signale die Teilnehmer in der Reihenfolge 16, 14, 12, 10 durchlaufen. Die Netzstruktur bzw. -topologie mit den Lichtwellenleitern 20, 22, 24, 26 und 28, den Sendern 30, 34, 38, 42 und 46 und den Empfängern 32, 36, 40, 44 und 48 sei die Vorzugssenderichtung für die Signalübertragung bzw. Telegrammübertragung zugeordnet, die vom Bus-Master 18 ausgeht. Deshalb wird diese Netzstruktur auch als Busvorzugsring bezeichnet.

Der schaltungstechnische Aufbau der Teilnehmer 10, 12, 14, 16 ist weitgehend gleich. Es handelt sich bei den Teilnehmern 10 bis 16 um Ein-, Ausgabebaugruppen für technische Prozesse, d. h. die Teilnehmer empfangen digitale und/oder analoge Signale aus einem Prozeß und steuern Aktoren im Prozeß. Die Art und Anzahl der Eingangssignale und die Zahl der Ausgangssignale zu den Aktoren richtet sich nach den Gegebenheiten des technischen Prozesses und kann von Teilnehmer zu Teilnehmer verschieden sein.

Der typische Aufbau eines Teilnehmers ist in Fig. 2 am Beispiel des Teilnehmers 10 dargestellt. Die Teilnehmer 12, 14 und 16 sind bis auf die Ein-, Ausgabeanordnungen gleichartig aufgebaut wie der Teilnehmer 10.

Der von den Signalen aus dem Lichtwellenleiter 20 beaufschlagte optische Empfänger 32 enthält eine Photodiode 78, die gegebenenfalls über einen nicht dargestellten Verstärker mit einem Eingang eines UND-Glieds 80 verbunden

ist, dessen Ausgang an einen Eingang eines ODER-Glieds **82** angeschlossen ist, dem eine Lumineszenzdiode oder Laserdiode **84** des optischen Senders **34** nachgeschaltet ist. Der von den Signalen aus dem Lichtwellenleiter **22** einspeist. Der von den Signalen aus dem Lichtwellenleiter **68** beaufschlagte optische Empfänger **70** enthält eine Photodiode **86**, die gegebenenfalls über einen nicht dargestellten Verstärker mit einem Eingang eines UND-Glieds **88** verbunden ist, dessen Ausgang an einen Eingang eines ODER-Glieds **90** angeschlossen ist, dessen Ausgang wiederum eine Lumineszenz- oder Laserdiode **92** im optischen Sender **72** nachgeschaltet ist, der Licht in den Lichtwellenleiter **74** einspeist.

Die zweiten Eingänge der ODER-Glieder **82**, **90** sind gemeinsam mit einem Ausgang eines Mikrocontrollers **94** verbunden. Es handelt sich um einen Ausgang für das Auslesen von Daten bzw. eines Telegramms. Dieser Ausgang ist in Fig. 2 mit TxD bezeichnet. Die Lumineszenzdiode **78** und die Lumineszenzdiode **86** sind je an einen Eingang einer Torschaltung **96** angeschlossen, deren Ausgang mit einem Eingang des Mikrocontrollers **94** für das Einlesen von Daten verbunden ist. Dieser Eingang ist mit RxD bezeichnet. Der Mikrocontroller **94** ist mit einer Eingabe-, Ausgabeschaltung **98** verbunden, die die Signale aus dem Prozeß in eine vom Mikrocontroller **94** verarbeitbare Form umsetzt und/oder Signale aus dem Mikrocontroller **94** in eine für Aktoren bestimmte Form umsetzt. Betriebsspannung erhält der Teilnehmer **10** aus einer Stromversorgungsanordnung **100**.

Der Bus-Master **18** weist eine Schnittstelle zu einer Datenverarbeitungseinheit **102**, z. B. einem Host-Rechner auf.

Der Datenverkehr mit den Teilnehmern **10** bis **16** wird vom Bus-Master **18** gesteuert, d. h. der Bus-Master **18** sendet Telegramme zu den Teilnehmern **10** bis **16**, die jeweils eine eigene Adresse aufweisen.

Aus dem oben beschriebenen Aufbau der Teilnehmer geht hervor, daß jeder Teilnehmer **10** bis **16** in der Lage ist, aus beiden Ringstrukturen, d. h. aus beiden Kommunikationsrichtungen, Daten zu empfangen. Jeder Teilnehmer **10** bis **16** kann auch aufgrund seines Aufbaus Daten in beide Ringstrukturen einspeisen, d. h. in beiden Kommunikationsrichtungen senden.

Der Mikrocontroller **94** besitzt einen weiteren Ausgang **104**, der mit einem Eingang des UND-Glieds **80** und einem Eingang des UND-Glieds **88** verbunden ist. Über Signale auf dem Ausgang **104** steuert der Mikrocontroller **94**, ob die Daten bzw. Telegramme, die von dem Lichtwellenleiter **68** oder **20** empfangen werden, zu dem Lichtwellenleiter **74** oder **22** weitergeleitet werden oder nicht. Die Teilnehmer können also die Weiterleitung der Daten bzw. Telegramme in den beiden Ringstrukturen sperren, d. h. die Ringstrukturen auftrennen.

Jeder Teilnehmer hat eine individuelle Kennung, die zugleich seine Adresse ist. Die Adresse kann vom Bus-Master **18** mit einem entsprechenden Befehl im Rahmen eines Telegramms zugeteilt werden.

Die Art und Anzahl der Eingabe- und/oder Ausgabeschaltungen können in den einzelnen Teilnehmern verschieden sein. Ein Code gibt in jedem Teilnehmer an, welche Eingabe- und/oder Ausgabeschaltungen und in welcher Anzahl diese Schaltungen vorhanden sind. Dieser Code ist insbesondere in einem EEPROM gespeichert und kann ausgelesen und auf den Ringstrukturen zum Bus-Master **18** übertragen werden.

Adressiert werden die Teilnehmer **10** bis **16** vom Bus-Master **18** aus mittels Telegrammen, die jeweils die Adresse des gewünschten Teilnehmers enthalten. Die Teilnehmer vergleichen die in einem Telegramm übertragene Adresse mit ihrer eigenen Adresse und reagieren bei Übereinstimmung der Adressen entsprechend den weiteren Daten des Tele-

gramms. Der Datenverkehr zwischen dem Bus-Master **18** und den Teilnehmern **10** bis **16** bezieht sich im wesentlichen auf die Übertragung von Sensordaten aus den Teilnehmern zum Bus-Master **18** und die Übertragung von Aktorberätungsdaten vom Bus-Master **18** zu den Teilnehmern. Die Übertragung von Sensordaten wird durch ein Telegramm des Bus-Masters **18** eingeleitet, d. h. der Bus-Master **18** fragt die Teilnehmer **10** bis **16** ab.

Die Telegramme werden in einem z. B. redundanten Code übertragen. Jeder Teilnehmer überprüft die empfangenen Telegramme auf Übertragungsfehler. Der Empfang eines Telegramms in einem adressierten Teilnehmer wird von diesem quittiert. Die Quittierung beinhaltet die Nachricht richtig oder fehlerhaft empfangen.

Der Bus-Master **18** sendet jeweils ein Telegramm zur Abfrage eines Teilnehmers oder zur Übertragung von Aktordaten in Vorzugssenderichtung, d. h. zunächst zum Teilnehmer **10**. Wenn dieser nicht adressiert ist, sendet er das Telegramm zum Teilnehmer **12** weiter usw. Der adressierte Teilnehmer sendet ein Quittungstelegramm in beiden Übertragungsrichtungen in die Ringstrukturen. An Hand der Fig. 3 wird dies für den Fall der Adressierung des Teilnehmers **12** näher beschrieben. Das Telegramm mit der Adresse des Teilnehmers **12** gelangt über den Lichtwellenleiter **20**, den Teilnehmer **10** und den Lichtwellenleiter **22** zum Teilnehmer **12**, der das Telegramm beantwortet, indem er ein Antworttelegramm sowohl in den Lichtwellenleiter **24** als auch in den Lichtwellenleiter **68** einspeist. Es handelt sich um gleiche Antworttelegramme. Das eine Telegramm gelangt in der Vorzugssenderichtung über die Teilnehmer **14**, **16** und die Lichtwellenleiter **26**, **28** zum Bus-Master **18**, der es auswertet und die Daten nach Auswertung an die Datenverarbeitungseinheit **102** weiterleitet. Das andere Telegramm gelangt über den Teilnehmer **10** und den Lichtwellenleiter **74** zum Bus-Master **18**, wird jedoch von diesem nur insofern ausgewertet, als der Empfang überwacht bzw. registriert wird.

Der Ablauf des Datenverkehrs bei einer bestimmten Art von Fehler (Unterbrechung des Rings in Vorzugssenderichtung) wird an Hand der Fig. 4 erläutert. Es sei angenommen, daß der Bus-Master **18** wiederum ein Telegramm zum Teilnehmer **12** sendet. Weiterhin wird angenommen, daß – in Vorzugssenderichtung – hinter dem Teilnehmer **12** die Ringstruktur unterbrochen ist, z. B. hinter dem Teilnehmer **14**. Dies bedeutet, daß der Bus-Master **18** innerhalb einer bestimmten Zeitspanne kein Antworttelegramm in der Vorzugssenderichtung erhält. Das in den Lichtwellenleiter vom Teilnehmer **12** eingespeiste Antworttelegramm gelangt über den Lichtwellenleiter **68**, den Teilnehmer **10** und den Lichtwellenleiter **74** zum Bus-Master **18**. Der Bus-Master **18** wertet das Antworttelegramm aus und registriert zugleich die Ringunterbrechung in der Vorzugssenderichtung. Eine Störungsmeldung kann zusammen mit den ausgewerteten Daten zur Datenverarbeitungseinrichtung **102** gesendet werden.

Der Ablauf des Datenverkehrs bei einem Fehler in der anderen Ringstruktur wird an Hand von Fig. 5 erläutert. Der Bus-Master **18** sendet z. B. an den Teilnehmer **16** ein Telegramm. Da z. B. eine Unterbrechung der Ringstruktur mit den Lichtwellenleitern **56**, **62**, **68**, **74** vorhanden ist, stellt der Bus-Master **18** das Fehlen des Antworttelegramms auf dem Lichtwellenleiter **74** fest. Der Bus-Master **18** aktiviert jetzt die Aussendung eines Telegramms über den Lichtwellenleiter **48**, mit dem der Teilnehmer **16** adressiert wird, der zwei Antworttelegramme aussendet, von denen nur das in den Lichtwellenleiter **28** eingespeiste vom Bus-Master **18** empfangen wird. Dieses Telegramm wertet der Bus-Master **18** aus und registriert die Unterbrechung des Rings, der die

Lichtwellenleiter 56, 62, 68, 74 enthält. Eine entsprechende Meldung wird an die Datenverarbeitungseinrichtung 102 weitergeleitet.

Die Registrierung und Auswertung der Fehler beinhaltet auch das Anlegen einer Tabelle, die den Weg enthält, auf dem die Teilnehmer erreichbar sind.

Die Busparametrierung (Initialisierung) läuft automatisch wie folgt ab.

Der Bus-Master 18 sendet einen Befehl "Bustrennen" aus, der von allen Teilnehmern ausgeführt wird, indem über den jeweiligen Ausgang 104 des Mikrocontrollers die UND-Glieder 80, 88 gesperrt werden. Daraufhin ist nur der Teilnehmer 10 - in Vorzugssenderichtung - für den Bus-Master 18 erreichbar. Der Bus-Master 18 liest die Hardware-Codierung des Teilnehmers 10 aus und vergibt eine Adresse, die zurückübertragen und im EEPROM des Teilnehmers 10 gespeichert wird. Der Bus-Master 18 hebt nun die Bustrennung im Teilnehmer 10 auf, wodurch der Teilnehmer 12 erreichbar ist, der auf die gleiche Weise bearbeitet wird, wie der Teilnehmer 10. Dieser Vorgang wird so lange fortgesetzt, bis alle Teilnehmer erfaßt sind und Adressen erhalten haben. Der Bus-Master 18 kennt nunmehr die Adressen und Codierungen aller Teilnehmer und registriert sie in einer Liste, die zur Datenverarbeitungseinrichtung 102 übertragen werden kann. Die Datenverarbeitungseinrichtung kann, wenn erforderlich, die Liste bearbeiten und z. B. erweitern, indem den Teilnehmern symbolische Adressen zugeordnet werden.

#### Patentansprüche

Lichtwellenleiter-Bussystem mit in einer Ringstruktur angeordneten Teilnehmern, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilnehmer (10, 12, 14, 16, 18) in wenigstens zwei Ringstrukturen durch Lichtwellenleiter (20, 22, 24, 26, 28; 51, 56, 62, 68, 74) miteinander verbunden sind, daß einer der Teilnehmer ein zentraler Teilnehmer (18) ist, von dem die Datenübertragung zu den anderen Teilnehmern (10, 12, 14, 16) ausgeht und der an eine übergeordnete Datenverarbeitungseinheit (102) angeschlossen ist, und daß in den Teilnehmern (10, 12, 14, 16, 18) optische Sender (30, 34, 38, 42, 46; 50, 54, 60, 66, 72) und optische Empfänger (32, 36, 40, 44, 48; 52, 58, 64, 72) derart an die Lichtwellenleiter (20, 22, 24, 26, 28; 51, 56, 62, 68, 74) angeschlossen sind, daß die beiden Ringstrukturen zueinander entgegengesetzte Übertragungsrichtungen haben.

2. Lichtwellenleiter-Bussystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den vom zentralen Teilnehmer (18) ansprechbaren Teilnehmern (10, 12, 14, 16) jeweils Mikrocontroller (94) vorgesehen sind, die mit einem Empfangseingang (RxD) für Daten an die optischen Empfänger (32, 70; 36, 64; 40, 58; 44, 52) der beiden Ringstrukturen sowie mit einem Senderausgang (TxD) für Daten an die optischen Sender (34, 72; 38, 66; 42, 60; 46, 54) der beiden Ringstrukturen sowie mit einem Steuerausgang (104) je an einem Steuereingang einer zwischen dem optischen Empfänger (20; 70) und optischen Sender (34; 74) in der jeweils gleichen Ringstruktur angeordneten Torschaltung (80; 88) angeschlossen sind.

3. Lichtwellenleiter-Bussystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in den vom zentralen Teilnehmer (18) aus ansprechbaren Teilnehmern (10, 12, 14, 16) Schaltungen (98) für die digitale Eingabe und/oder digitale Ausgabe und/oder Analogeingabe und/oder Analogausgabe von Signalen vorgesehen sind und daß die Art und Anzahl der Ein- und/oder

Ausgabeschaltungen jedes Teilnehmers in einer vom zentralen Teilnehmer (18) auslesbaren Kennung gespeichert ist.

4. Lichtwellenleiter-Bussystem nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem, vom zentralen Teilnehmer (18) ansprechbaren Teilnehmer (10, 12, 14, 16) ein Speicher für eine Adresse vorgesehen ist.

5. Verfahren zum Betrieb eines Lichtwellenleiter-Bussystems nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zentrale Teilnehmer (18) zur Adressierung eines beliebigen Teilnehmers zuerst nur ein Telegramm in einer der Ringstrukturen, die der Vorzugssenderichtung zugeordnet ist, aussendet, daß der adressierte Teilnehmer nach dem Empfang des Telegramms durch Aussenden von gleichen Antworttelegrammen in beiden Ringstrukturen antwortet, daß das in Vorzugssenderichtung vom zentralen Teilnehmer (18) empfangene Antworttelegramm ausgewertet wird, daß beim Ausbleiben des in Vorzugssenderichtung übertragenen Antworttelegramms im zentralen Teilnehmer (18) das über die zweite Ringstruktur empfangene Antworttelegramm vom zentralen Teilnehmer ausgewertet und ein Fehler in Vorzugssenderichtung hinter dem adressierten Teilnehmer registriert wird, daß beim Ausbleiben des über die andere Ringstruktur übertragenen Antworttelegramms der zentrale Teilnehmer den Teilnehmer mit dem Aussenden des Telegramms in der zweiten Ringstruktur erneut adressiert und daß beim Empfang des Antworttelegramms des adressierten Teilnehmers durch den Empfänger des zentralen Teilnehmers in der Vorzugssenderichtung ein Fehler in Vorzugssenderichtung vor dem adressierten Teilnehmer registriert und das in der anderen Ringstruktur empfangene Antworttelegramm ausgewertet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein vom zentralen Teilnehmer mit einem Telegramm auszusendender Befehl, mit dem die Weiterleitung der vom zentralen Teilnehmer ausgesendeten Telegramme in der Vorzugssenderichtung von den Teilnehmern gesperrt wird sowie ein Befehl zur Aufhebung der Sperrung vorgesehen sind.

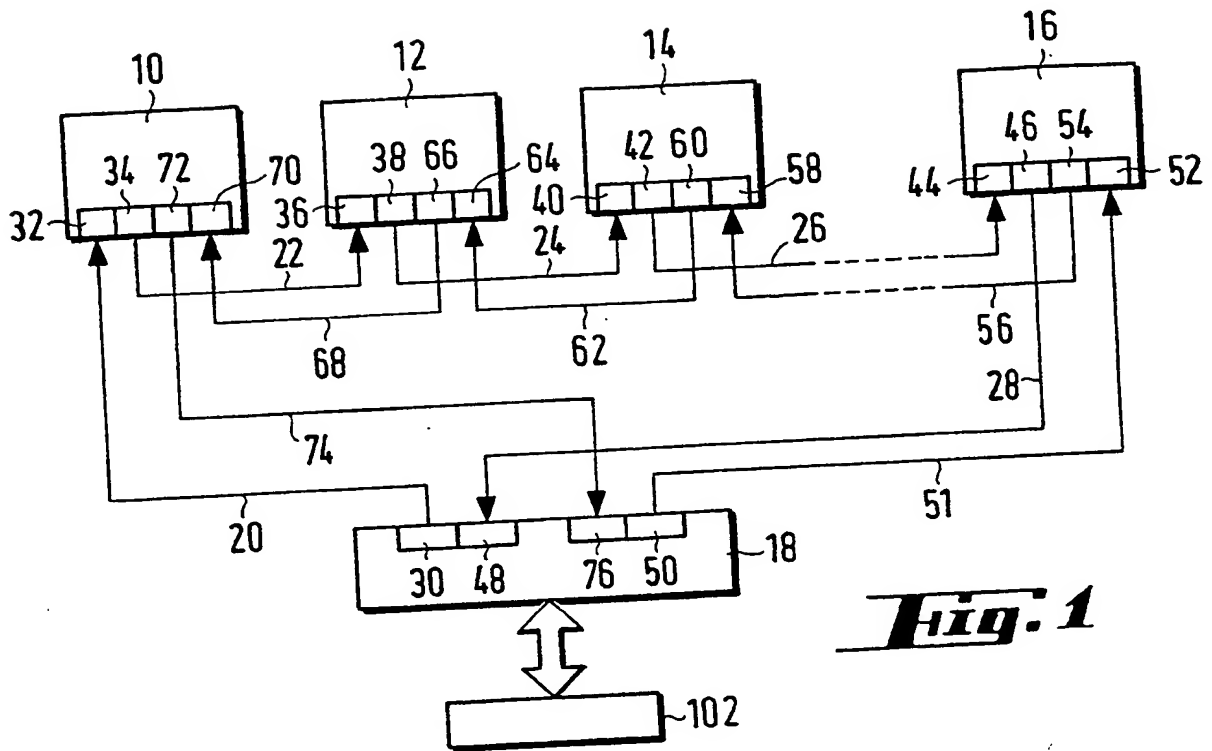
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach Sperrung der Weiterleitung der Telegramme des zentralen Teilnehmers an den ersten Teilnehmer in der Vorzugssenderichtung ein Telegramm ausgesendet wird, mit dem dessen Kennung ausgelesen und in den zentralen Teilnehmer übertragen wird, daß anschließend eine Adresse an den Teilnehmer übertragen und in diesem abgespeichert wird und daß danach die Sperre im ersten Teilnehmer aufgehoben und ein Telegramm in gleicher Weise wie beim ersten Teilnehmer an den nächstfolgenden Teilnehmer übertragen und diesem eine Adresse zugeordnet wird und daß die gleichen Verfahrensschritte wiederholt werden, bis allen Teilnehmern eine eigene Adresse zugeordnet ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß im zentralen Teilnehmer die Kennungen und Adressen der Teilnehmer in eine Liste eingetragen werden, die zu der zentralen Datenverarbeitungseinheit übertragen wird.

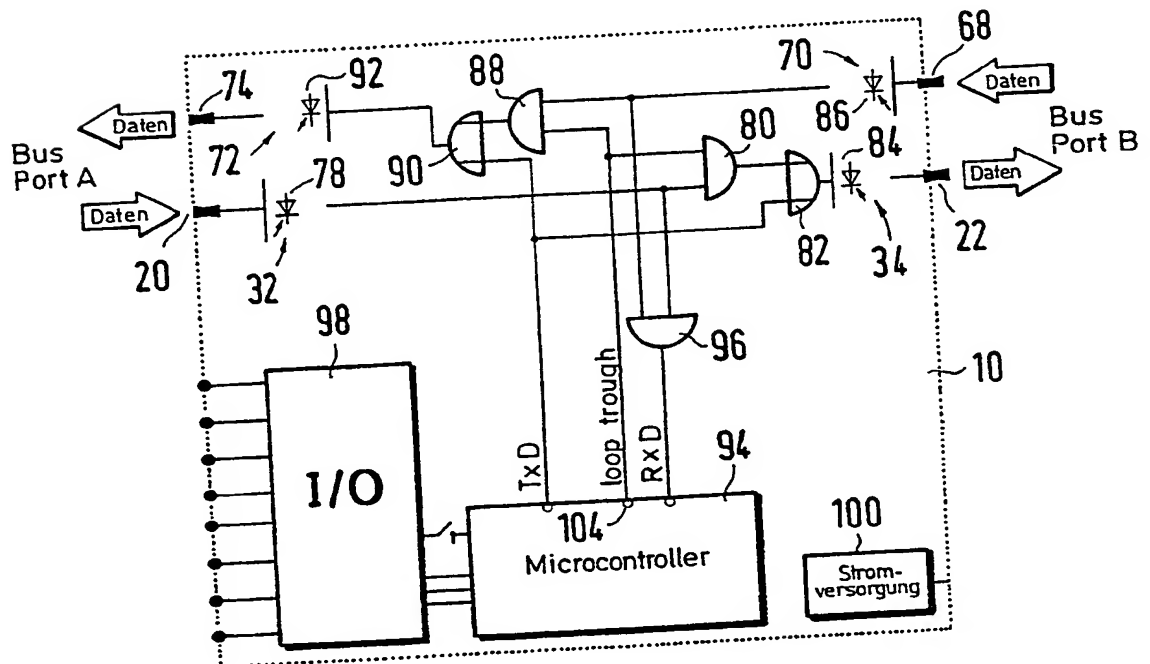
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**Fig. 1**



**Fig. 2**

